COLLÈGE F. MITTERRAND
DE TOULOUGES

LE SOLEIL DOMPTÉ

Étude d'un cuiseur solaire

ANNÉE 2009/2010

INTRODUCTION....1

I. VISITE AU VILLAGE DES SCIENCES....2

II. QUELQUES NOTIONS DE PHYSIQUE....2

a) COMMENT BOUGE NOTRE SOLEIL DANS LE CIEL ?....2
b) QU'EST-CE QU'UN RAYON LUMINEUX ?....3
c) COMMENT REPRÉSENTER LES RAYONS LUMINEUX ARRIVANT AU SOL ?....3
d) QUELLE ÉNERGIE ENVOIE LE SOLEIL ?....4
e) QU'EST CE QUE LA CONSTANTE SOLAIRE ?....4
f) QU'EST-CE QU'UN MIROIR PARABOLIQUE ?....5
g) QU'EST-CE QU'UN MIROIR PARABOLIQUE À OFFSET ?....5

III. ÉTUDE SIMPLIFIÉE DU CUISEUR SOLAIRE....6

a) CHAÎNE ÉNERGÉTIQUE ÉTUDIÉE....6
b) COMMENT DÉTERMINER LES PERTES ÉNERGÉTIQUES ?....7
c) DÉTERMINATION DU FLUX ÉNERGÉTIQUE AU SOL....7
d) CALCUL DE LA PUISSANCE LUMINEUSE CONCENTRÉE PAR LE MIROIR....8
e) CALCUL DE LA PUISSANCE UTILISÉE PAR L'EAU....8
f) CALCUL DES PERTES ENTRE LA PUISSANCE CONCENTRÉE PAR LE MIROIR ET LA PUISSANCE UTILISÉE PAR L'EAU....8
g) AUTRES DONNÉES RECUEILLIES....8

IV. LA SUITE DU PROJET....9

a) SUITE DES MESURES....9
b) FABRICATION DU MIROIR PARABOLIQUE....9
c) NOUVELLES MESURES....9
d) DOCUMENTS À RÉDIGER....9

ANNEXE 1: Les rayons lumineux vus par Thomas (6ème)....10

ANNEXE 2: Propriétés des rayons du Soleil vues par Thibaud (5ème)....11

ANNEXE 3: Propriétés d'une parabole vues par Alexandre (5ème)....12

ANNEXE 4: Chaîne énergétique étudiée vue par Arnaud (5ème)....13

ANNEXE 5:....14

ANNEXE 6:....16

INTRODUCTION

Nous sommes une équipe d'une dizaine d'élèves de sixième et de cinquième du collège F. Mitterrand de Toulouges.
Notre professeur est Mr Lebatard, il nous a proposé un projet astro.
On se voit une fois par semaine, le lundi de 12h30 à 13h30.

Notre projet est de fabriquer un cuiseur solaire. C'est un projet pour l'AMATM (association moyen atlas du tourisme montagnard). Monsieur Lebatard connait le président de cette association au Maroc : Monsieur Abdelkader Amakrane. Ce monsieur veut développer le tourisme non polluant, autour de la ville d'Oulmès, en proposant des maisons d'hôtes fonctionnant avec des énergies propres (pas de gaz, ni de pétrole).
Dans ce projet, nous devons mesurer l'efficacité d'un miroir parabolique pour chauffer des aliments.
Nous devons mesurer, tout au long de l'année, les températures de cuisson de plusieurs aliments.
Nous devons réaliser un cuiseur solaire pas cher.
Nous devons écrire un mode d'emploi du cuiseur solaire.

Pour cela, nous avons découvert et utilisé plusieurs notions de physique.
Nous avons fait des mesures et des expériences.
Nous avons commencé à réaliser le cuiseur solaire.

I. VISITE AU VILLAGE DES SCIENCES

Nous sommes allés au palais des congrès, à Perpignan, en octobre 2009 pour voir le village des sciences : c'est une exposition où des scientifiques montrent du matériel scientifique (de haut niveau) pour le plus grand bonheur des curieux petits ou grands.
Nous avons rencontré des professionnels et des associations travaillant dans les sciences.

Un monsieur nous a présenté un cuiseur solaire dans lequel il a fait cuire une saucisse.
Nous lui avons posé des questions sur l'utilisation de son cuiseur et ce qu'on pouvait y faire cuire.
Nous avons aussi discuté avec un monsieur travaillant au CNRS (centre national de recherche scientifique). Il nous a présenté un miroir parabolique et son utilité pour concentrer l'énergie solaire.
Un autre monsieur travaillant au four solaire d'Odeillo nous a expliqué un peu ce qu'est la température et comment le Soleil peut la faire augmenter.
Il avait une belle maquette avec deux miroirs paraboliques qu'il éclairait pour faire chauffer de l'eau.
Nous avons passé deux heures à discuter et poser des questions.

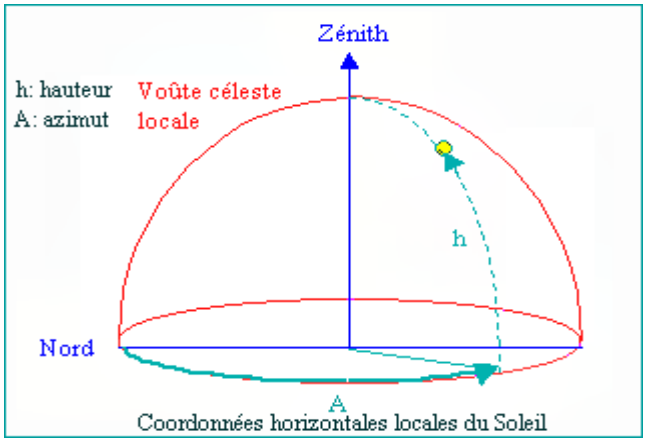
Tout le monde était très gentil. C'était une après-midi riche en informations. Nous sommes sûrs maintenant de faire un cuiseur solaire qui fonctionne avec un miroir parabolique.

II. QUELQUES NOTIONS DE PHYSIQUE

Dans cette partie nous allons vous présenter les notions de physiques dont nous avons besoin pour notre projet.
C'est monsieur Lebatard qui nous a tout expliqué.

a) COMMENT BOUGE NOTRE SOLEIL DANS LE CIEL ?

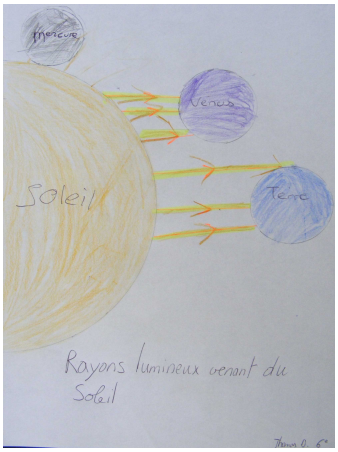
La Terre tourne sur elle-même mais comme nous sommes dessus, on voit le Soleil se déplacer dans le ciel.
Notre Soleil suit une portion de cercle dans le ciel allant, à peu près, d'Est en Ouest.
Il parcourt 15 ° par heure.
Il passe par son point le plus haut, le zénith, à 12 heure solaire et au Sud.
Remarque : 12 h solaire n'est pas 12 h à notre montre.
On mesurera l'angle entre l'horizon et le Soleil pendant les expériences. Cet angle s'appelle la hauteur.
On mesurera l'angle entre la direction nord/sud et la position du Soleil, en partant du nord. Cet angle s'appelle l'azimut.



Source: www.culturediff.org\astronomie.htm

Suivant notre position par rapport à l'équateur, la hauteur du Soleil change. Plus on est proche de l'équateur et plus le Soleil est haut dans le ciel à 12 h solaire, le même jour.
Plus le Soleil est haut dans le ciel et plus on reçoit d'énergie. On le sait car en été, le Soleil est plus haut dans le ciel qu'en hiver.
En regardant sur un globe, on a vu que la région d'Oulmès est plus proche de l'équateur que nous. Ainsi, si le cuiseur solaire reçoit suffisemment d'énergie à Toulouges, on est sûr qu'il fonctionnera au Maroc !

b) QU'EST-CE QU'UN RAYON LUMINEUX ?

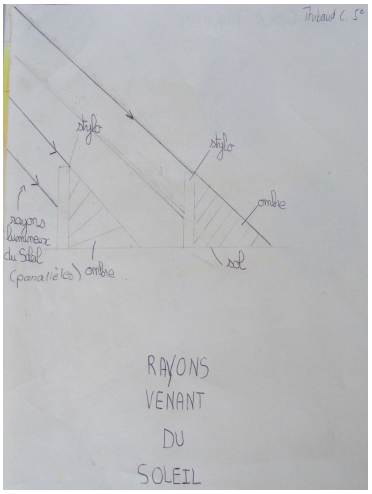


Rayons lumineux par Thomas D.
(élève de 6ème)

Le Soleil nous envoie de l'énergie qui voyage dans l'espace. On représente des rayons lumineux pour montrer le chemin suivi par cette énergie.Un rayon lumineux se représente par un trait fait à la régle partant d'une source de lumière et s'arrêtant ou changeant de direction sur un objet. On indique le sens de déplacement (propagation) par une flèche.

c) COMMENT REPRÉSENTER LES RAYONS LUMINEUX ARRIVANT AU SOL ?

Quand on met deux objets l'un à coté de l'autre sur le sol, on voit que leurs ombres sont parallèles.
Cette expérience montre que les rayons lumineux du Soleil arrivent sur la Terre parallèlement.



Rayons lumineux parallèles par
Thibaud C. (élève de 5ème)

On va donc schématiser les rayons lumineux venant du Soleil et arrivant au sol, parallèlement entre eux. On utilisera cette information pour représenter les rayons lumineux arrivant sur un miroir parabolique.

Quand on dessine les rayons lumineux arrivant au sol, on ne représente pas le Soleil (source lumineuse) sur le schéma car il est trop loin.

d) QUELLE ÉNERGIE ENVOIE LE SOLEIL ?

L'énergie est, pour notre corps, ce qui nous permet de bouger ou de penser, par exemple.
On ne voit pas l'énergie mais on peut voir une source d'énergie.
On voit parfois ce qui se passe quand l'énergie est utilisée.
L'énergie peut-être transportée. Elle peut aussi se transformer en d'autres formes d'énergies.

Dans notre projet, la source d'énergie est le Soleil.
Il envoie chaque seconde une très grande quantité d'énergie partout dans l'espace.
Ce réservoir d'énergie s'épuisera dans environ 4,5 milliards d'années.
Cette énergie est transportée dans l'espace par des petits grains appelés des photons. Ces grains ne se voient pas car ils sont trop petits, en plus ils ne pèsent rien, ce sont des grains d'énergie pure.
Ils voyagent à la vitesse de la lumière.
Lorsqu'un photon rencontre de la matière, il lui transfert son énergie. Cette énergie peut chauffer cette matière ou peut la faire briller.

e) QU'EST CE QUE LA CONSTANTE SOLAIRE ?

A partir de l'énergie émise par le Soleil, on peut calculer la puissance arrivant sur Terre.
L'unité de la puissance est le watt (W).
Mr Lebatard nous a expliqué qu'on pouvait calculer la puissance arrivant sur une surface de $1m^2$.
Le résultat change de nom et s'appelle un flux énergétique.
L'unité du flux énergétique est le watt par mètre carré (W/m^2).

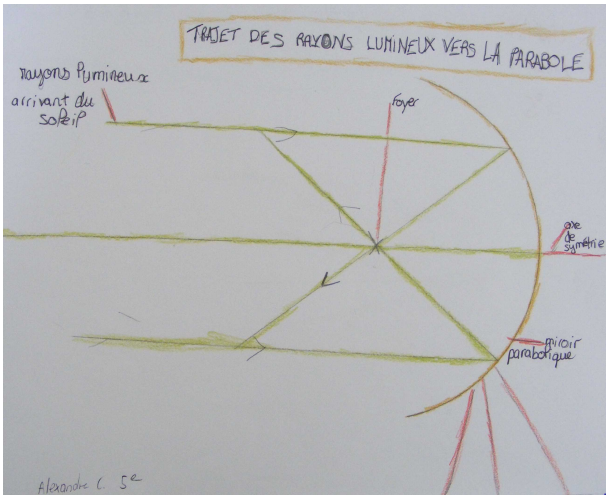
Si on calcule le flux énergétique dans l'espace (avant l'entrée dans l'atmosphère), on l'appelle la constante solaire.
La constante solaire est donc la puissance, reçue sur Terre, sur un mètre carré se trouvant au dessus de l'atmosphère.
Ce nombre est constant. On va prendre, pour les expériences, une constante solaire de 1361 W/m^2.
C'est la valeur donnée par l'ESA (agence spatiale européenne) en mai 2009.

En fait, Mr Lebatard nous a dit que ce nombre changeait.
La constante solaire dépend de la distance entre le Soleil et la Terre.
Elle dépend aussi de l'activité du Soleil. C'est à dire s'il envoie beaucoup ou pas beaucoup d'énergie.
En ce moment le Soleil n'est pas très actif mais il se réveille. En effet, tous les 11 ans, il se réveille puis se calme puis se réveille et ça recommence. C'est un cycle. L'activité du Soleil a un cycle de 11 ans.
En 2010, le Soleil commence son 24 ème cycle. En fait, il en a fait beaucoup plus mais c'est le 24ème que des scientifiques observent et mesurent.

Des scientifiques veulent savoir combien vaut précisemment la constante solaire et combien elle valait dans le temps. C'est important car le réchauffement de la Terre dépend de l'activité de l'Homme mais aussi de l'activité du Soleil.
Mr Lebatard nous a dit que l'ESA va lancer un satellite dans l'espace pour mesurer précisemment la constante solaire. Ce satellite s'appelle Picard.

f) QU'EST-CE QU'UN MIROIR PARABOLIQUE ?

Un miroir envoie la lumière dans une seule direction. Il réfléchit la lumière.

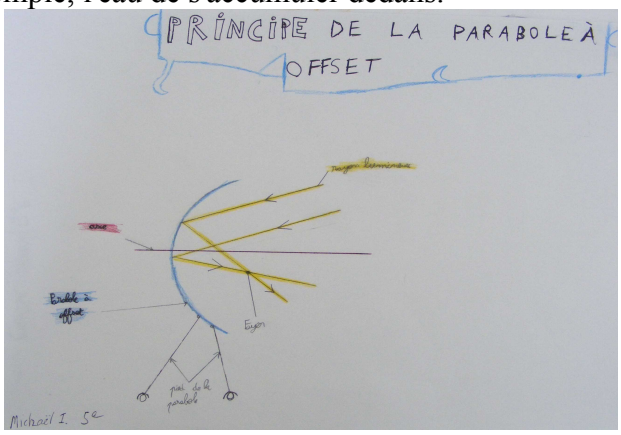


Principe du miroir parabolique
Alexandre C. (élève de 5ème)

Un miroir parabolique renvoie tous les rayons lumineux vers un point appelé le foyer quand le miroir est orienté vers le Soleil.
Comme ça il concentre toute l'énergie lumineuse reçue au foyer.

g) QU'EST-CE QU'UN MIROIR PARABOLIQUE À OFFSET ?

Les paraboles pour la télévision sont des miroirs paraboliques spéciaux. Pour renvoyer les rayons vers le foyer il ne faut pas diriger la parabole vers le soleil mais la décaler, l'incliner, suivant un angle bien précis. Ceci permet d'avoir une parabole presque verticale pour empêcher, par exemple, l'eau de s'accumuler dedans.



Principe du miroir parabolique à offset
Mickael I. (élève de 5ème)

Nous allons poncer une vielle parabole pour faire un miroir. Il ne faudra pas oublier d'incliner la parabole pour concentrer l'énergie lumineuse au foyer.

III. ÉTUDE SIMPLIFIÉE DU CUISEUR SOLAIRE

Mr Lebatard nous a expliqué qu'il faut d'abord simplifier le problème pour commencer les expériences.

Dans cette partie, toutes les mesures ont été faites en chauffant de l'eau. C'est une matière dont on a plein d'informations scientifiques simples à utiliser.
On essaiera de chauffer autre chose comme un mélange de légumes ou de la viande plus tard.

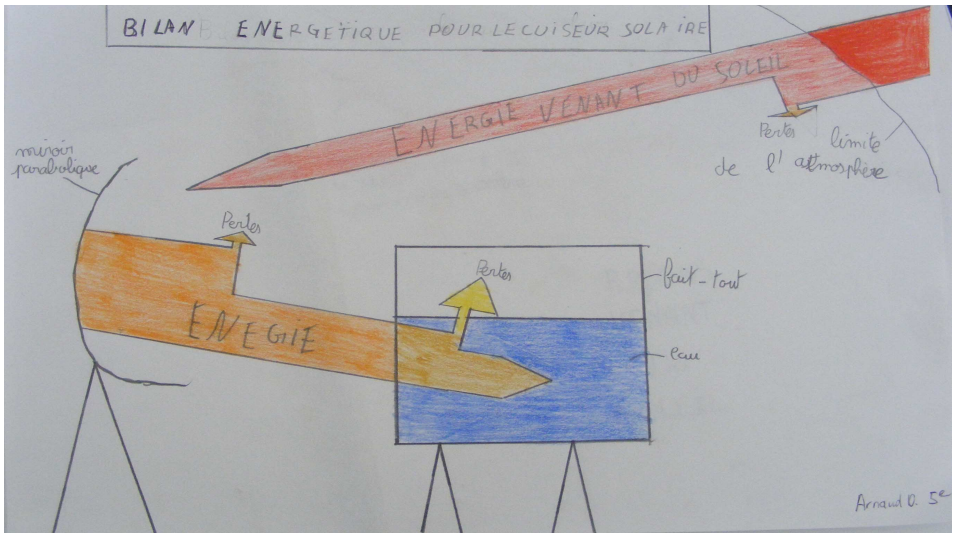
Nous utilisons dans cette partie un miroir parabolique d'expériences :

Photo du miroir parabolique d'expériences
le 01/02/2010

C'est un miroir parabolique pratique pour faire les mesures car on peut facilement l'orienter face au Soleil. On peut aussi facilement placer une canette avec de l'eau au foyer du miroir. Ce sera notre cuiseur solaire d'expériences.

a) CHAÎNE ÉNERGÉTIQUE ÉTUDIÉE

Le soleil nous envoie une certaine quantité d'énergie. Cette énergie traverse l'atmosphère. Nous concentrons une partie de cette énergie grâce à un miroir parabolique.
L'énergie concentrée sert à chauffer de l'eau.



Chaîne énergétique étudiée
Arnaud D. (élève de 5ème)

Durant tout ce trajet une partie de l'énergie est perdue. Nous voulons savoir quelle quantité d'énergie est perdue à chaque étape.

b) COMMENT DÉTERMINER LES PERTES ÉNERGÉTIQUES ?

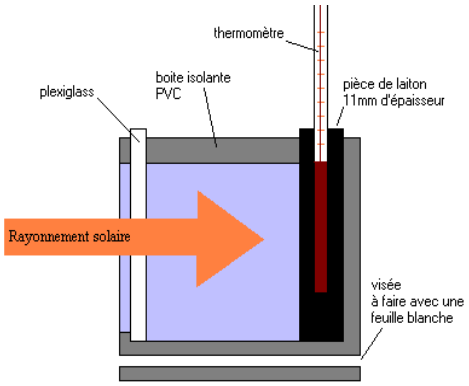
Nous allons maintenant comparer la quantité d'énergie reçue sur Terre avec la quantité d'énergie réellement utilisée par le cuiseur solaire.

Pour cela, il faut :

- connaître la quantité d'énergie arrivant au sol toutes les secondes. On l'appellera “flux énergétique au sol”.
- calculer la quantité d'énergie concentrée par le miroir parabolique d'expériences.
- connaître la quantité d'énergie utilisée par l'eau toutes les secondes.

c) DÉTERMINATION DU FLUX ÉNERGÉTIQUE AU SOL

Pour déterminer ce flux, nous avons utilisé le dispositif suivant :



Nous disposons une plaque de laiton dans une boîte isolante en PVC.
Nous plaçons cette boîte au Soleil.
Nous mesurons la température dans le métal pendant 20 minutes.
Mr Lebatard nous a montré comment calculer le flux énergétique au sol avec les températures relevées. (voir annexe 5)

Le 1er février 2010, nous avons réalisé ces mesures pour la première fois entre 13h et 13h20. Le soleil était au Sud. Il était à une hauteur de 25°.

Par le calcul nous obtenons un flux énergétique au sol de **527,5W/m².**
On peut comparer cette valeur avec la constante solaire.
La constante solaire vaut : **1361W/m².**
Il y a donc une **perte de 61%** du flux entre l'entrée dans l'atmosphère et le sol.
Mr Lebatard nous dit qu'une partie de l'énergie nous arrivant est absorbée par des particules dans l'atmosphère et qu'une partie de l'énergie est renvoyée dans l'espace.

d) CALCUL DE LA PUISSANCE LUMINEUSE CONCENTRÉE PAR LE MIROIR

Pour connaître la puissance lumineuse arrivant sur le récipient plein d'eau, on va utiliser un calcul (voir annexe 7).
Mr Lebatard nous a montré qu'il faut connaître un nombre appelé “coefficient d'amplification du miroir”.
On multiplie le flux lumineux au sol par ce nombre. Puis on multiplie le résultat par la surface éclairée pour avoir la puissance cherchée.
Le 1er février 2010, la puissance concentrée était de **21 W**.

e) CALCUL DE LA PUISSANCE UTILISÉE PAR L'EAU

Nous avons placé une canette en aluminium au foyer du miroir parabolique d'expériences.
Nous avons versé 250ml d'eau dans la canette.
Nous mesurons la température de l'eau grâce à un thermomètre.
Nous avons placé le miroir face au soleil.
Mr Lebatard nous a montré qu'on pouvait calculer la puissance utilisée par l'eau à partir de la température (voir annexe 7).

Le 1er février 2010, nous avons réalisé des mesures de température pendant 20 minutes entre 13h et 13h20. Le soleil était au zénith au Sud. Sa hauteur était de 25°.
Par calcul, nous obtenons une puissance utilisée pour chauffer l'eau de **15 W.**

f) CALCUL DES PERTES ENTRE LA PUISSANCE CONCENTRÉE PAR LE MIROIR ET LA PUISSANCE UTILISÉE PAR L'EAU

En comparant les 15 W réellement utilisés aux 21W concentrés par le miroir, on calcule qu'il y a **27% de pertes.**

Mr Lebatard nous a dit qu'une partie de l'énergie est renvoyée par le miroir dans d'autres directions car il n'est pas parfait.
Une autre partie de l'énergie est absorbée par le miroir qui va un peu chauffer.
Une dernière partie de l'énergie est renvoyée par la canette qui est peinte en noir mais qui n'absorbe pas toute l'énergie.
Notre miroir parabolique a 27% de pertes. Il a donc **un rendement de 73%.**
Cela veut dire que 73% de l'énergie arrivant sur le miroir est réellement utilisée pour chauffer l'eau.
Mr Lebatard nous a dit que c'était un bon rendement.
Le miroir que nous fabriquerons avec une parabole de télé aura certainement un rendement moins bon. Nous devrons essayer de nous rapprocher de ces 73 % en polissant le mieux possible notre miroir.

g) AUTRES DONNÉES RECUEILLIES

Ces expériences nous ont permis de voir que, début février, en chauffant ¼ de litre d'eau pendant 20mn, nous augmentons sa température de 30°C.
Cette expérience est à reproduire tous les mois. Nous pourrons alors faire un graphique montrant de combien la température augmente en fonction du mois de l'année vers midi.
Nous chercherons, avec Mr Lebatard, à savoir de combien la température augmente quand on double ou triple le volume d'eau pour nous rapprocher des quantités à utiliser pour faire cuire du riz, par exemple.

IV. LA SUITE DU PROJET

Au 03 mars 2010, notre projet n'est pas terminé. Il faut encore faire des mesures avec le miroir parabolique d'expériences. Il faut finir la fabrication du miroir parabolique avec la parabole. Il faut faire cuire des aliments et rédiger un mode d'emploi.

a) SUITE DES MESURES

Grâce au miroir parabolique d'expériences, on va encore chauffer de l'eau.
C'est important de refaire la même chose plusieurs fois pour savoir si le rendement de ce miroir est toujours de 73%. Plus on refait les mêmes expériences et plus on a de rendements. On pourra comparer les rendements trouvés.

On continuera aussi de mesurer l'augmentation de la température de l'eau tous les mois à la même heure. Ainsi nous pourrons faire des graphiques. Nous pourrons savoir combien de temps il faut pour faire bouillir de l'eau, par exemple.

b) FABRICATION DU MIROIR PARABOLIQUE

Nous sommes en train de fabriquer un miroir parabolique avec une parabole.
On a récupéré une antenne parabolique à la déchetterie afin de réduire les coûts.
On a choisi cette antenne car elle a la forme d'une parabole à offset.

On a commencé à retirer la peinture. C'est un travail long car il y a une grosse épaisseur de peinture. Le ponçage est presque terminé et on a déjà essayé notre miroir. On a réussi à faire brûler du papier et du bois, ce qui est encourageant.
Nous devrons fabriquer le support de la parabole puis réaliser de nouvelles mesures.

c) NOUVELLES MESURES

Nous déterminerons le rendement du cuiseur solaire en faisant les mêmes expériences qu'avec le miroir parabolique d'expériences.

Nous essaierons de faire cuire du riz, par exemple, et on comparera le temps mis pour chauffer suffisamment l'eau avec le temps indiqué sur un graphique qu'on aura fait.

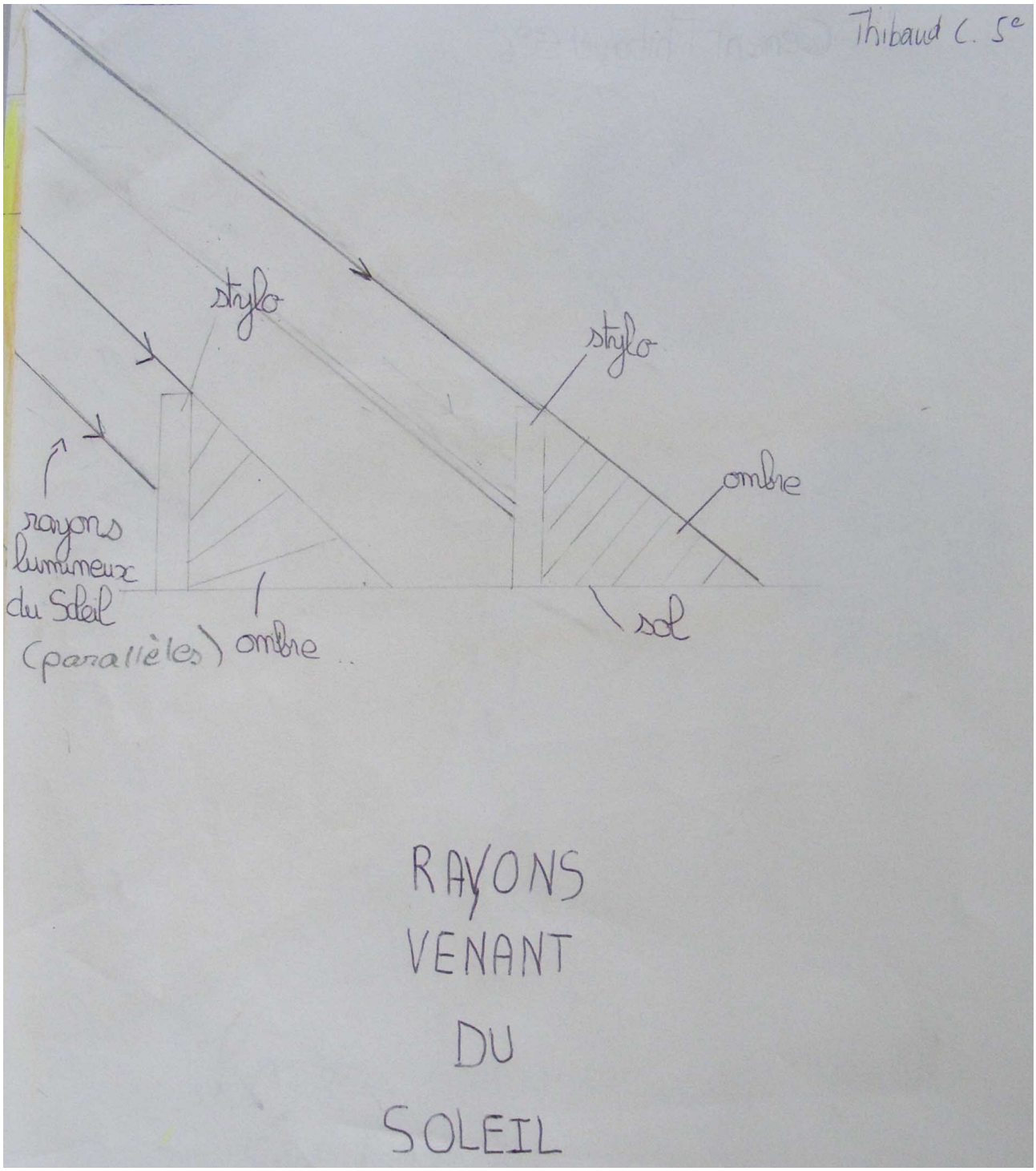
On veut aussi vérifier s'il peut cuire des légumes et de la viande. On veut voir en combien de temps il fait tout ça.
On pourra refaire ces expériences à différents moments de l'année.

d) DOCUMENTS À RÉDIGER

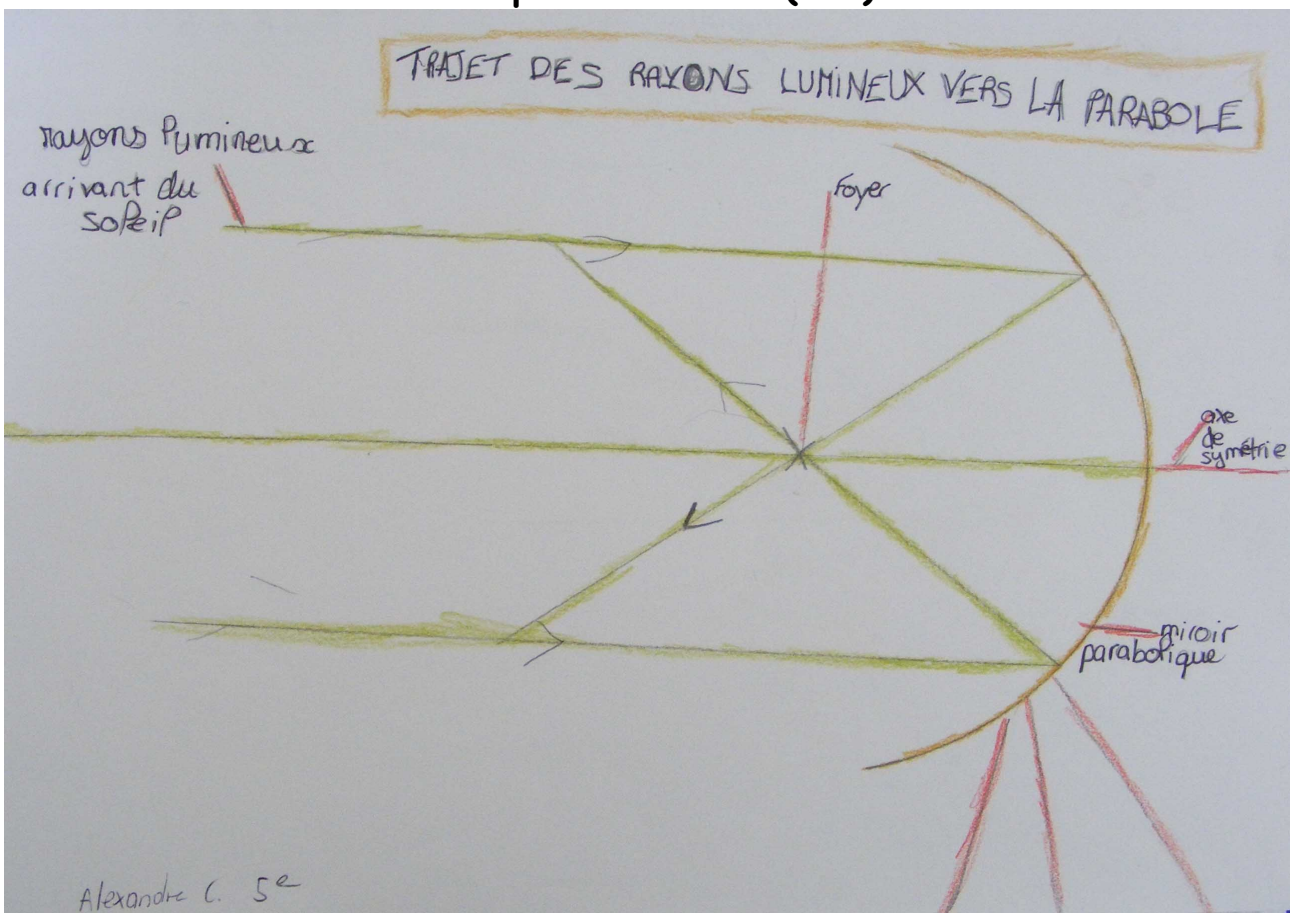
Les documents rédigés doivent être utilisables par des personnes non-scientifiques. Nous devrons rédiger un mode d'emploi simple du cuiseur solaire.
Suivant le mois de l'année et l'heure de la journée, nous devrons donner des informations sur le temps de cuisson de quelques aliments, suivant la quantité mise dans le fait-tout (pas de mesure de masse possible).
Nous ferons un bilan du coût total de notre projet.

ANNEXE 1: Les rayons lumineux vus par Thomas (6ème)

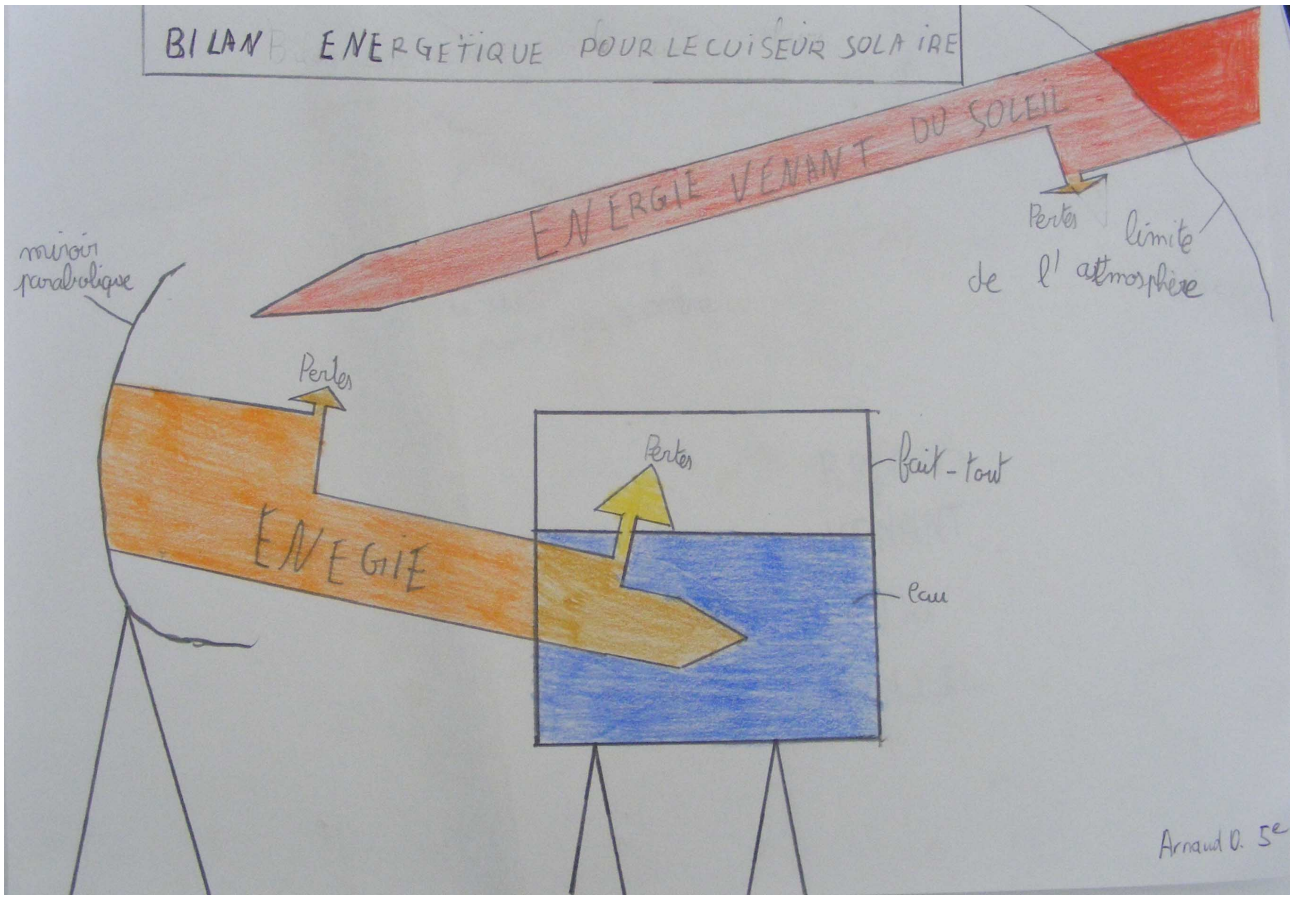
ANNEXE 2: Propriétés des rayons du Soleil vues par Thibaud (5ème)



ANNEXE 3: Propriétés d'une parabole vues par Alexandre (5ème)



ANNEXE 4: Chaîne énergétique étudiée vue par Arnaud (5ème)



ANNEXE 5:

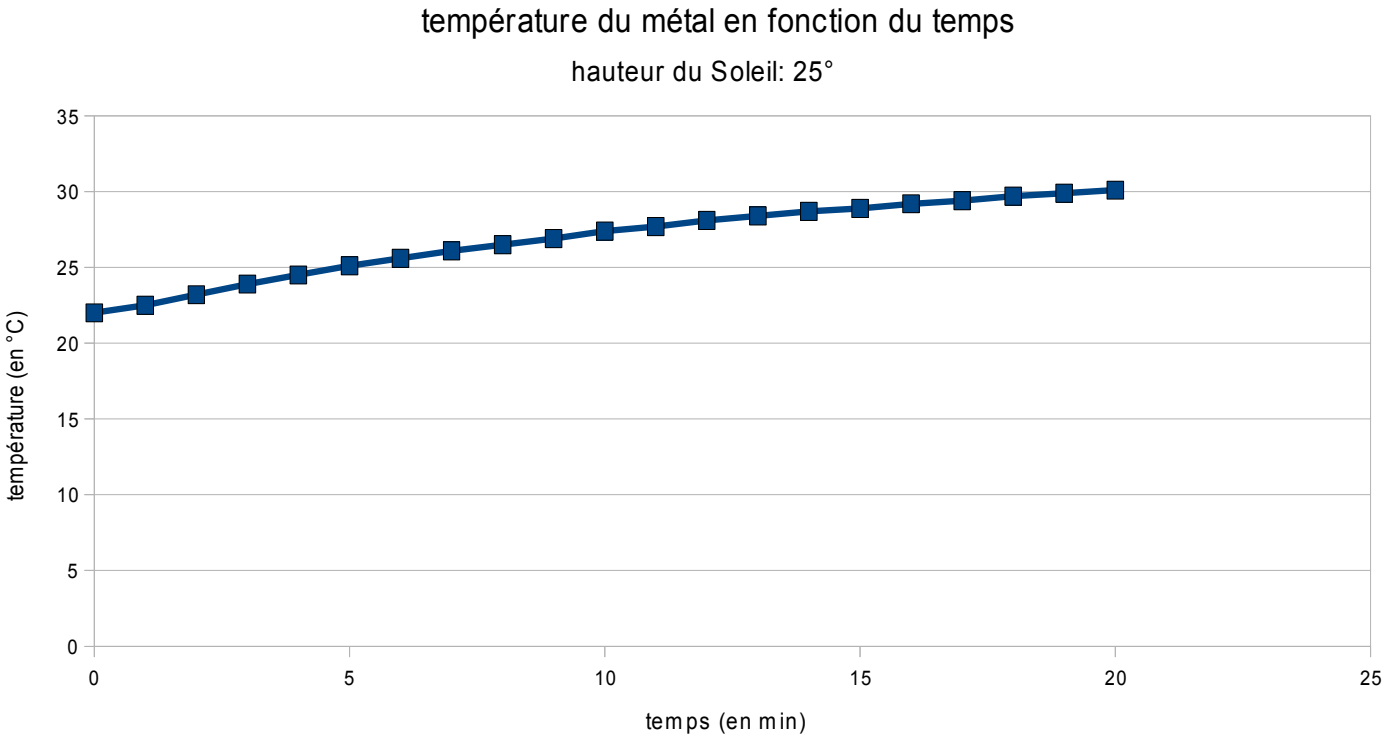
RELEVES DE TEMPERATURES DANS LE METAL EN FONCTION DU TEMPS

Date et heure:01/02/10 à 13h03

Temps (en minutes)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Température (en °C)	22	22,5	23,2	23,9	24,5	25,1	25,6	26,1	26,5	26,9	27,4	27,7	28,1	28,4	28,7	28,9	29,2	29,4	29,7	29,9	30,1

Hauteur du Soleil et direction : 25° vers le Sud

Remarque sur le ciel: pas de nuage



Calcul de l'énergie reçue par le métal (laiton) venant du Soleil après avoir traversé l'atmosphère:

$$Q = m \times C \times (Tf - Ti)$$

Q est l'énergie reçue en Joules (J) sous forme de chaleur
(l'énergie sert à augmenter ici la température du métal)
Le joule est une unité d'énergie

m = 0,400kg (masse du bloc de métal)

C = 418 J/kg/°C (constante dépendant du métal
et applelée chaleur massique, elle indique l'énergie à fournir
à 1 kg de métal pour augmenter sa température de 1°C).

Tf : température finale mesurée dans le métal en °C

Ti : température de départ mesurée dans le métal en °C

Date	Ti	Tf	Energie reçue (Q en J)	Remarques
01/02/10	23,2	30,1	**1153,68**	on néglige les 2 premiers relevés (temps de transil

ANNEXE 6:

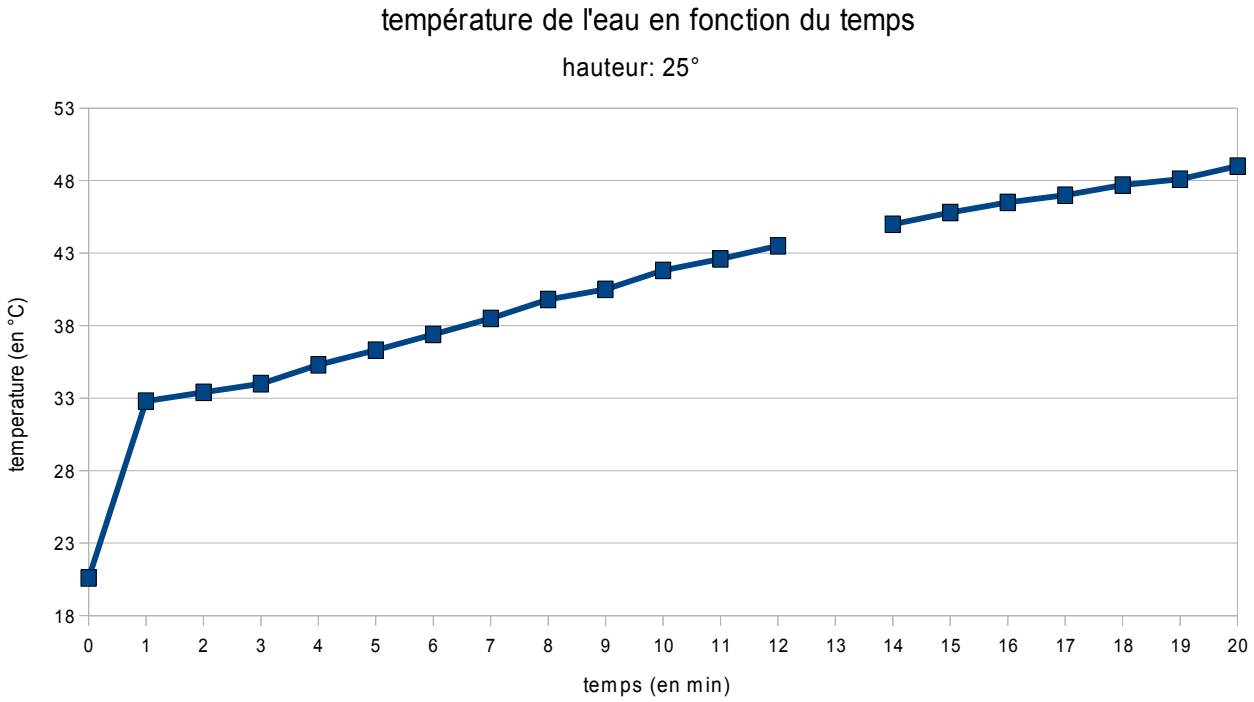
RELEVES DE TEMPERATURES DANS 250 mL D'EAU EN FONCTION DU TEMPS

Date et heure:01/02/10 à 13h03

Temps (en minutes)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Température (en °C)	20,6	32,8	33,4	34	35,3	36,3	37,4	38,5	39,8	40,5	41,8	42,6	43,5		45	45,8	46,5	47	47,7	48,1	49

Hauteur du Soleil et direction : 25° vers le Sud

Remarque sur le ciel: pas de nuage



Calcul des pertes énergétiques entre l'arrivée des rayons sur le miroir et leur utilisation par l'e

1) Calcul de l'énergie reçue par l'eau venant du Soleil après concentration par le miroir parabolique:

$$Q = m \times C \times (Tf - Ti)$$

Q est l'énergie reçue en Joules (J) sous forme de chaleur (l'énergie sert à augmenter ici la température de l'eau)
Le joule est une unité d'énergie

m(eau)= 0,250 kg (masse de l'eau)
m(canette)= 0,005 kg (masse de la canette)

C (eau)= 4186 J/kg/°C (constante dépendant de la matière et applelée chaleur massique, elle indique l'énergie à fournir à 1 kg de matière pour augmenter sa température de 1°C).
C(canette)= 897 J/Kg/°C

Tf : température finale mesurée dans l'eau en °C
Ti : température de départ mesurée dans l'eau en °C

Date	Ti	Tf	Energie reçue (Q en J)	Remarques
01/02/10	33,4	49	**16395**	on néglige les 2 premiers relevés (temps de transit

2) Calcul de la puissance reçue par l'eau (en W):

$$P = Q/t$$

P: puissance reçue par l'eau (W)

Q: énergie reçue par l'eau (en J)

t: durée des mesures en secondes (s)

Date	Energie reçue (en J)	Temps (en s)	P reçue par l'eau (en W)
01/02/10	16395,37	1080	**15**

3) Calcul théorique de la puissance concentrée par le miroir parabolique:

Cette puissance calculée sera notée Pth (en W)
Le flux énergétique arrivant sur le sol est concentré par le miroir parabolique pour donner un flux concentré Pc (en W/m^2)

On calcule Pc en faisant

$$Pc = Psol \times a$$

Avec **Psol:** flux énergétique au sol (en W/m2)

a: coefficient d'amplification du miroir,

$$a = D(miroir)/D(foyer)$$

Dmiroir= 0,6 m (diamètre du miroir)
Dfoyer= 0,05 m (diamètre de la tache lumineuse au foyer)

$$Pth = Pc \times S$$

S = 0,00196 m2 (surface de la tache lumineuse arrivant sur la canette)

Date	flux énergétique au sol (W/m^2)	flux concentré par le miroir (W/m^2)	P concentrée par le miroir (W)
01/02/10	527,52	10550,34	**21**

4) Pertes entre la puissance reçue et concentrée par le miroir et la puissance transmise à l'eau

Date	P concentrée par le miroir (en W)	P reçue par l'eau (en W)	pertes (en %)
01/02/10	21	15	**27**